



B R I A N  
G R E E N E

Por el autor de EL UNIVERSO ELEGANTE

LA REALIDAD  
OCULTA

UNIVERSOS PARALELOS  
Y LAS PROFUNDAS LEYES DEL COSMOS

Del autor de los bestsellers *El universo elegante* y *El tejido del cosmos* llega su libro más ambicioso y accesible, una obra que aborda una de las preguntas de mayor complejidad: ¿es el nuestro el único universo?

Tenemos la intuición de que existe una entidad que engloba y contiene «todo». Es lo que tradicionalmente se ha denominado «Universo». No existe ninguna unidad conceptual más fundamental que ésta, aunque su naturaleza y relación con el espacio y el tiempo continúen siendo problemáticas. Eso sí, de lo que no parecía haber duda es de que el Universo, fuese lo que fuese, es único. Semejante creencia comenzó a ser socavada a mediados de la década de 1950, cuando para evitar el serio problema conceptual que implicaba aceptar que en el proceso de observación la naturaleza se manifiesta solo en una de las diferentes posibilidades físicas, se propuso la teoría de los «muchos universos»: las restantes posibilidades físicas se plasman en otros universos paralelos.

Ahora bien, la mecánica cuántica ya no es el único escenario teórico que la favorece, como muestra en este libro el distinguido físico teórico Brian Greene: «Veremos (...) que si el espacio se extiende indefinidamente –una proposición que es compatible con todas las observaciones– entonces debe haber dominios allá fuera (probablemente muy allá) donde copias de usted y de mí y de todo lo demás disfrutan de versiones alternativas de la realidad que experimentamos aquí».

Y no sustancia estas radicales afirmaciones a la manera de la ciencia ficción, sino basándose en la física más actual: en la teoría cosmológica inflacionaria y en diversas versiones de la teoría de cuerdas. Todo esto parece mera especulación, imaginación desbordada, pero la ciencia nos ha dado

ya demasiadas muestras de que lo que es hoy es inimaginable mañana puede ser realidad.

Brian Greene

# La realidad oculta

Universos paralelos y las profundas leyes del cosmos

ePub r1.4

Piolin 3.10.15

Título original: *The Hidden Reality: Parallel universes and the deep laws of the cosmos*

Brian Greene, 2011

Traducción: Javier García Sanz

Editor digital: Piolin

Corrección de erratas: koothrapali

ePub base r1.2

*Para Alec y Sophia*

## Prefacio

Si había alguna duda a principios del siglo XX, a principios del siglo XXI era una certeza: cuando se trata de revelar la verdadera naturaleza de la realidad, la experiencia común es engañosa. A poco que reflexionemos, esto no es particularmente sorprendente. Cuando nuestros ancestros recolectaban en los bosques o cazaban en las sabanas, una capacidad para calcular el comportamiento cuántico de electrones o determinar las implicaciones cosmológicas de los agujeros negros no les habría ofrecido muchas ventajas para la supervivencia. Pero tener un cerebro más grande ofrecía ciertamente una ventaja, y a medida que crecían nuestras facultades intelectuales, también lo hacía nuestra capacidad para sondear más profundamente nuestros entornos. Algunos de nuestra especie construyeron equipos para extender el alcance de nuestros sentidos; otros desarrollaron un método sistemático para detectar y expresar pautas: las matemáticas. Con estas herramientas empezamos a mirar más allá de las apariencias cotidianas.

Lo que hemos encontrado ya ha requerido cambios importantes en nuestra imagen del cosmos. Mediante intuición física y rigor matemático, guiados y confirmados por experimentación y observación, hemos establecido que el espacio, el tiempo, la materia y la energía participan en un repertorio de comportamientos diferente de cualquier cosa de la que hayamos sido testigos directamente. Y ahora, análisis penetrantes de estos descubrimientos y otros relacionados nos están llevando a lo que puede ser la próxima revolución en el conocimiento: la posibilidad de que nues-

tro universo no sea el único universo. *La realidad oculta* explora esta posibilidad.

Al escribir *La realidad oculta* no he supuesto ninguna formación en física o en matemáticas por parte del lector. Más bien, como en mis libros anteriores, he utilizado metáforas y analogías, intercaladas con episodios históricos, para dar una explicación ampliamente accesible de algunas de las más extrañas y, si se probaran correctas, más reveladoras ideas de la física moderna. Muchos de los conceptos cubiertos requieren que el lector abandone modos de pensamiento cómodos y acepte dominios de realidad imprevistos. Es un viaje que resulta sumamente excitante, y comprensible, por los giros y las vueltas científicos que han preparado el camino. He escogido juiciosamente entre éstos para llenar un paisaje de ideas que van por valles que se extienden desde lo cotidiano hasta lo absolutamente nada familiar.

Una diferencia respecto al enfoque de mis libros anteriores es que no he incluido capítulos preliminares que desarrollen sistemáticamente material de fondo, tal como relatividad especial y general, y mecánica cuántica. En su lugar, para la mayor parte, he introducido elementos de dichas disciplinas sólo sobre la base que «se necesita»; cuando encuentro en varios lugares que es necesario un desarrollo más completo para mantener el libro autocontenido, advierto al lector más experimentado e indico qué secciones puede pasar por alto sin problemas.

Por el contrario, las últimas páginas de algunos capítulos siguen un tratamiento más profundo del material, que algunos lectores pueden encontrar desafiante. Cuando entramos en dichas secciones ofrezco al lector menos experimentado un breve resumen y la opción de saltarse el resto sin pérdida de continuidad. Sin embargo, he animado a todos a leer estas secciones hasta donde el interés y la paciencia lo permitan. Aunque las descripciones son más complicadas, el material está escrito para una amplia au-

diciencia y por ello sigue teniendo como único prerrequisito la voluntad de perseverar.

A este respecto, las notas son diferentes. El lector novicio puede saltárselas por completo; el lector más experimentado encontrará en las notas aclaraciones o ampliaciones que considero importantes pero estimo demasiado pesadas para ser incluidas en los propios capítulos. Muchas de las notas están pensadas para lectores con alguna formación en matemáticas o en física.

Al escribir *La realidad oculta* me he beneficiado de comentarios críticos y retroalimentaciones por parte de varios amigos, colegas y familiares que han leído algunos o todos los capítulos del libro. Me gustaría dar las gracias especialmente a David Albert, Tracy Day, Richard Easther, Rita Greene, Simon Judes, Daniel Kart, David Kagan, Paul Kaiser, Raphael Kasper, Juan Maldacena, Katinka Matson, Maulik Parikh, Marcus Poessel, Michael Popowits y Ken Vaneberg. También es una delicia trabajar con mi editor en Knopf, Marty Asher, y agradezco a Andrew Carlson su experta conducción del libro a través de las etapas finales de producción. Las maravillosas ilustraciones de Jason Severs mejoran la presentación, y le doy las gracias por su talento y su paciencia. También es un placer dar las gracias a mis agentes literarios, Katinka Matson y John Brockman.

Al elaborar mi aproximación al material que cubro en este libro me he beneficiado de muchísimas conversaciones con numerosos colegas. Además de los ya mencionados, me gustaría dar las gracias especialmente a Raphael Bousso, Robert Branderberger, Frederik Denef, Jacques Distler, Michael Douglas, Lam Hui, Lawrence Krauss, Janna Lewin, Andrei Linde, Seth Lloyd, Barry Loewer, Saul Perlmutter, Jürgen Schmidhuber, Steve Shenker, Paul Steinhardt, Andrew Strominger, Leonard Susskind, Max Tegmark, Henry Tye, Cumrun Vafa, David Wallace, Erick Weinberg y Shing-Tung Yau.

Empecé a escribir mi primer libro de divulgación científica, *El universo elegante*, en el verano de 1996. En los quince años transcurridos he disfrutado de un inesperado y fructífero intercambio entre el foco de mi investigación técnica y los temas que cubren mi libro. Doy las gracias a mis estudiantes y colegas en la Universidad Columbia por crear un vibrante entorno investigador, al Departamento de Energía por financiar mi investigación científica, y también al finado Pentti Kouri por su generoso apoyo a mi centro de investigación en Columbia, el Instituto de Física de Cuerdas, Cosmología y Astropartículas.

Para terminar, doy las gracias a Tracy, Alec y Sophia por hacer de éste el mejor de los universos posibles.

## 1

# Los límites de la realidad

## Sobre mundos paralelos

Si, cuando era niño, sólo hubiera tenido un espejo en mi habitación, quizá mis fantasías infantiles habrían sido muy diferentes. Pero tenía dos. Y cuando cada mañana abría el armario para sacar mi ropa, el espejo que había en la puerta quedaba frente al de la pared, y cualquier cosa que hubiera entre ellos se repetía en una cadena de reflejos interminable. Era hipnotizador. Yo me extasiaba viendo cómo una imagen tras otra poblaban los planos de cristal paralelos y se extendían hasta donde la vista podía alcanzar. Todos los reflejos parecían moverse al unísono, aunque yo sabía que eso era una simple limitación de la percepción humana, pues para entonces ya había aprendido que la velocidad de la luz era finita. Lo que en mi imaginación estaba observando eran los viajes de ida y vuelta de la luz. Veía mi cogote, el movimiento de mi brazo silenciosamente reflejado entre los espejos, y cada imagen repetida empujando a la siguiente. A veces imaginaba a un yo rebelde en la hilera que se negaba a estar en su lugar, rompiendo la progresión y creando una nueva realidad que se transmitía a los que le seguían. A veces, durante los períodos de descanso en la escuela, pensaba que la luz que yo había emitido esa mañana todavía estaría rebotando incesantemente entre los espejos, y me sumaba como uno más de mis yos reflejados, entrando en un mundo paralelo imaginario construido de luz y dirigido por la fantasía.

Por supuesto, las imágenes reflejadas no tienen una mente propia. Pero estas fantasías juveniles, con sus realidades paralelas imaginadas, resuenan como un tema cada vez más importante en la ciencia moderna: la posibilidad de mundos más allá del que conocemos. Este libro es una exploración de tales posibilidades, un viaje a través de la ciencia de los universos paralelos.

## Universo y universos

Hubo un tiempo en que «universo» significaba «todo lo que hay». Todas las cosas. La idea de más de un universo, más de un todo, parecía una contradicción en los términos. Pero una serie de desarrollos teóricos ha matizado poco a poco la interpretación de «universo». El significado del término depende ahora del contexto. A veces «universo» sigue significando todo absolutamente. Otras veces se refiere sólo a aquellas partes del todo a las que alguien como usted o como yo podría tener acceso en principio. A veces se aplica a dominios separados, dominios que en parte o completamente, temporal o permanentemente, nos son inaccesibles; en este sentido, el término relega nuestro universo a ser un miembro de un conjunto grande, quizá infinitamente grande.

Reducida su hegemonía, «universo» ha dado paso a otros términos que recogen el lienzo más amplio en el que puede pintarse la totalidad de la realidad. *Mundos paralelos* o *universos paralelos* o *universos múltiples* o *universos alternativos* o el *metaverso*, *megaverso* o *multiverso* —todos éstos son términos sinónimos y todos están entre los utilizados para abarcar no sólo nuestro universo, sino un espectro de otros universos que quizá estén ahí—.

Pero usted advertirá que los términos son algo vagos. ¿Qué es exactamente lo que constituye un mundo o un universo? ¿Qué criterios distinguen dominios que son partes distintas de un único universo de aquellos dominios clasificados como universos por sí mismos? Quizá algún día nuestra comprensión de los universos múltiples esté suficientemente madura para que tengamos respuestas precisas a estas preguntas. Por el momento evitaremos luchar con definiciones abstractas y adoptaremos el famoso enfoque que aplicaba el juez Potter Stewart para definir la pornografía. Mientras la Corte Suprema de Estados Unidos se esforzaba por establecer una definición, Stewart declaró: «Lo sé cuando la veo».

A fin de cuentas, llamar universo paralelo a un dominio u otro es simplemente una cuestión de lenguaje. Lo que importa, lo que está en el corazón del tema, es si existen dominios que desafían la convención al sugerir que lo que hasta ahora pensábamos que es el universo es tan sólo un componente de una realidad mucho mayor, quizá mucho más extraña y, en su mayor parte, oculta.

## Variedades de universos paralelos

Un hecho sorprendente (que es, en parte, lo que me impulsó a escribir este libro) es que muchos de los desarrollos importantes en la física teórica fundamental —física relativista, física cuántica, física cosmológica, física unificada, física computacional— nos han llevado a considerar una u otra variedad de universos paralelos. De hecho, los capítulos que siguen trazan un arco narrativo a través de nueve variaciones sobre el tema del multiverso. Cada una concibe nuestro universo como parte de un todo inesperadamente

más grande, pero la complejidad de este todo y la naturaleza de los universos miembros difieren marcadamente de una a otra. En algunas, los universos paralelos están separados de nosotros por enormes extensiones de espacio o de tiempo; en otras, se ciernen a pocos milímetros; y en otras, la propia noción de su localización se muestra pueblerina, carente de significado. Una gama de posibilidades similar se manifiesta en las leyes que gobiernan los universos paralelos. En algunos, las leyes son las mismas que en el nuestro; en otros parecen diferentes, pero tienen una herencia compartida; y en otros, las leyes tienen una forma y una estructura diferente de cualquier cosa que hayamos encontrado nunca. Es una cura de humildad, y también excitante, imaginar cuán extensa puede ser la realidad.

Algunas de las primeras incursiones científicas en los mundos paralelos fueron iniciadas en los años cincuenta del siglo pasado por investigadores intrigados por algunos aspectos de la mecánica cuántica, una teoría desarrollada para explicar fenómenos que tienen lugar en el dominio microscópico de átomos y partículas subatómicas. La mecánica cuántica rompió el molde del marco anterior, la mecánica clásica, al establecer que las predicciones de la ciencia son necesariamente probabilistas. Podemos predecir las probabilidades de obtener un resultado, podemos predecir las probabilidades de otro, pero en general no podemos predecir lo que sucederá realmente. Esta bien conocida desviación respecto a cientos de años de pensamiento científico ya es bastante sorprendente. Pero hay un aspecto más controvertido de la teoría cuántica que recibe menos atención. Tras décadas de estudio riguroso de la mecánica cuántica, y tras haber acumulado una gran riqueza de datos que confirman sus predicciones probabilísticas, nadie ha sido capaz de explicar por qué sólo uno de los muchos resultados posibles en una situación dada sucede realmente. Cuando hacemos experimentos, cuando examinamos el mundo, todos estamos de acuerdo en que encontramos

una única realidad definida. Pero más de un siglo después del inicio de la revolución cuántica, no hay consenso entre los físicos respecto a cómo se puede hacer compatible este hecho con la expresión matemática de la teoría.

Durante años, esta laguna sustancial en el conocimiento ha inspirado muchas propuestas creativas, pero la más sorprendente fue una de las primeras. Quizá, decía esta temprana sugerencia, la idea familiar de que cualquier experimento dado tiene un resultado, y sólo uno, es falsa. Las matemáticas que subyacen a la mecánica cuántica —o al menos, una perspectiva sobre las matemáticas— sugiere que suceden *todos* los resultados posibles, y cada uno de ellos habita en su propio universo separado. Si un cálculo cuántico predice que una partícula podría estar aquí, o podría estar allí, entonces en un universo está aquí y en otro universo está allí. Y en cada uno de estos universos hay una copia de usted siendo testigo de uno o del otro resultado, una copia que piensa —incorrectamente— que su realidad es la única realidad. Cuando usted se da cuenta de que la mecánica cuántica subyace en todos los procesos físicos, desde la fusión de átomos en el Sol hasta los disparos neuronales que constituyen la materia del pensamiento, se hacen evidentes las trascendentales implicaciones de la propuesta. Dice que no hay caminos que no son recorridos. Pero cada uno de estos caminos —cada realidad— está oculto para todos los demás.

Esta sugerente aproximación de los *muchos mundos* a la mecánica cuántica ha atraído mucho interés en décadas recientes. Pero las investigaciones han mostrado que es un marco sutil y espinoso (como discutiremos en el capítulo 8); de modo que, incluso hoy, tras más de medio siglo de examen exhaustivo, la propuesta sigue siendo controvertida. Algunos usuarios de la mecánica cuántica afirman que ya se ha probado correcta, mientras que otros afirman con la misma convicción que los cimientos matemáticos no se sostienen.